

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.08.019

水下连接器灌胶用保持架冷却水路分析及模具设计

黄可¹, 钱子龙², 李恒², 李兵兵²

(1.常州机电职业技术学院机械工程学院,江苏常州 213164; 2.常州机电职业技术学院模具技术学院,江苏常州 213164)

摘要: 对中空保持架进行了结构分析,获得了模具设计难点。针对设计难点并结合生产实际初步设计了模具水路,将冷却水路设计成正交结构,并进行了模流分析。模流分析结果表明定模水路能较好传导热量;动模区域,热量没有很好的传导至水路区域,冷却水路需进一步优化。将制品最大投影面垂直于Z轴放置,沿制品突变处抽取分型线,得定模成型区及动模成型区。为了降低定模仁制造难度,将部分曲面特征用定模滑块、斜导柱机构成型,同时也有利于定模部分排气;对制品的部分倒扣特征,设计定模斜抽-动模斜顶抽芯机构,有效缩小了模具外形结构,使模具结构更加紧凑。针对中空制品内部所有方向都不能设置自动抽芯的难点,设置整体镶拼抽芯机构;对口部倒扣特征,设置斜顶抽芯机构,倒扣成型件选用铍铜材质,保证了动定模的冷却均衡;设计导热铍铜及法向导热片将集聚在制品内部的热量传导至整个动模,提高了动模冷却水路的冷却效果,并通过结构设计增加了模具的排气性能,避免了制品的局部烧焦。

关键词: Moldflow 模流分析软件;模具设计;水路设计;镶拼抽芯机构;中空制品;抽芯机构

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)08-0134-06

Analysis and mold design of cooling waterway of cage for glue filling of underwater connector

HUANG Ke¹, QIAN Zilong², LI Heng², LI Bingbing²

(1. School of Mechanical Engineering, Changzhou Vocational Institute of Mechatronic Technology, Changzhou 213164, China;

2. School of Mold Technology, Changzhou Vocational Institute of Mechatronic Technology, Changzhou 213164, China)

Abstract : The structure of the hollow cage was analyzed and the difficulty of mold design was obtained. According to the design difficulties and production practice, the mold water channel was designed, the cooling water channel was designed as orthogonal structure, and the mold flow analysis was carried out. The results of mold flow analysis show that the fixed mold water channel can conduct heat well. In the dynamic mode area, heat is not well transmitted to the waterway area, and the cooling waterway needs to be further optimized. The maximum projection plane of the product is placed perpendicular to the Z axis, and the parting line is extracted along the mutation of the product to obtain the fixed mold forming area and the dynamic mold forming area. In order to reduce the difficulty of manufacturing the fixed mould, some surface features are formed by the fixed mould sliding block and inclined guide post mechanism, which is also conducive to the exhaust of the fixed mould part. The core pulling mechanism of fixed die oblique pull-moving die oblique top is designed to reduce the shape structure of the die effectively and make the structure of the die more compact. In view of the difficulty that automatic core-pulling cannot be set in all directions in the interior of hollow products, the whole insert core-pulling mechanism is set up. The reverse buckle feature of the mouth, the inclined top core pulling mechanism is set, and the reverse buckle forming part is made of beryllium copper to ensure the cooling balance of the dynamic fixed die. The design of thermal beryllium copper and normal heat conductive sheet will transfer the heat gathered inside the product to the whole moving mold, improve the cooling effect of the cooling water of the moving mold, and increase the exhaust performance of the mold through the structural design to avoid the local burning of the product.

Keywords : moldflow analysis software ; mold design ; waterway design ; insert core pulling mechanism ; hollow products ; core-pulling mechanism

基金项目: 常州机电职业技术学院校级重点课题项目(2024-KJZD-01)

通信作者: 黄可, 高级实验师, 主要从事模具设计研究

收稿日期: 2024-06-02

引用格式: 黄可, 钱子龙, 李恒, 等. 水下连接器灌胶用保持架冷却水路分析及模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(8): 134-139.

HUANG Ke, QIAN Zilong, LI Heng, et al. Analysis and mold design of cooling waterway of cage for glue filling of underwater connector [J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(8): 134-139.

某水下连接器需要多道工序完成,其中某项工序为灌胶工序,灌胶后产品应倾斜一定角度,便于胶体自排泡。拟设计一套固定装置,便于连接器的快速放入及抽取,经初步分析,该装置应设计成中空结构。戴宗豫等^[1]针对壁挂式空调出风口支架,设计了简易二次抽芯和斜顶加弹针的复合抽芯机构。费强等^[2]根据汽车空调鼓风机左右盖结构特点设计了一副大型、复杂侧向抽芯注塑模具;周俊杰等对排水泵、仪表罩、雾化器喷头、电器面框,进行了模具设计^[3-6]。这些研究对笔者虽有一定的启发,但仍不能解决中空保持架所有方向都不能设置自动抽芯的关键技术问题。

笔者拟对中空保持架进行结构分析,获得模具设计难点。针对设计难点,设计模具水路并进行模流分析,验证水路的合理性,最后,设计模具结构。

1 制品分析及问题提出

中空保持架结构如图1所示。制品整体圆弧光滑过渡,长度185 mm,壁厚约3 mm,设有 T_1 安装调节槽、 T_2 安装槽、 T_3 口部倒扣等主要功能特征。某电子产品灌胶过程中,胶体溶液温度约130℃且熔融状态下有一定的腐蚀性,要求中空保持架具有一定的耐候性及热稳定性,选用上海普利特复合材料股份有限公司的丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)工程材料,牌号3450,阻燃等级为HB级,密度1.06 g/cm³,拉伸强度48 MPa,23℃时缺口冲击强度14 kJ/

m²,维卡软化温度107℃,成型温度230~240℃。

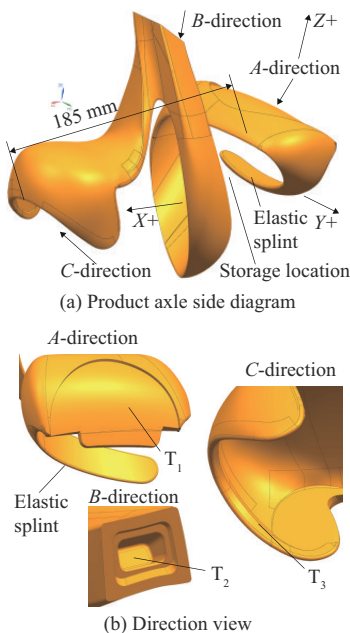
中空保持架制品量产8万件,分型及抽芯结构复杂。模具设计难点聚焦在储物位置的抽芯,该区域四周及上下呈全包围状态,常规抽芯方法及手段不再适用^[7-8]。镶件较多,各结合面处的溢料问题也需要模具结构改善^[9-11]。制品外形不规则,模具镶件及抽芯机构繁多,致使冷却系统构建困难,尤其制品内部的冷却,很难保证内外同步冷却,冷却不均极易导致制品翘曲^[12-14]。

2 模流分析

2.1 型腔布局及水路设置

将中空保持架制品模型在三维软件UG NX2023中进行预处理,修复拟合破损面及倒角导致的包络缺陷,输出为IGES片体格式,经CAD DOCTOR2018处理,导入MOLD FLOW2019模流分析软件,设置单浇口进胶,具体如图2所示,为了便于后续模具设计,将制品间的距离设计为300 mm,冷流道长度则为150 mm。

为了便于水路加工,将冷却水路设计成正交结构,工艺孔端采用螺栓封堵^[15]。定模部分每腔设计3条水路,水路直径8 mm,各管路距离制品20 mm,并尽可能随制品表面起伏;考虑到后续的抽芯动作,动模部分每腔设计2条水路,以减少与滑块或顶杆的干涉;动模部分每腔设计1条顶杆水路,水路中间设计软管连接,待最终模具结构确定,在相应的顶杆上开设最终水路。动模及定模每腔分别设计了3条冷却水路,以获得冷却均衡的效果,减小因热量传导不均衡导致的制品翘曲变形^[16]。



T_1 —Mounting groove; T_2 —Mounting groove; T_3 —Upside down

图1 制品结构图

Fig. 1 Product structure drawing

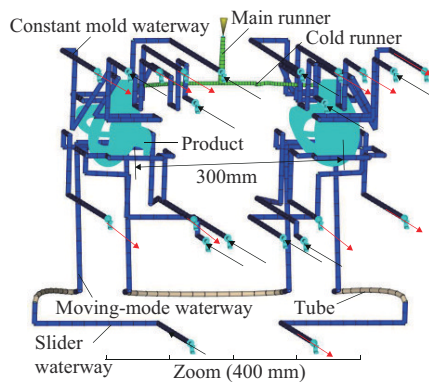


图2 型腔布局及水路设计

Fig. 2 Cavity layout and waterway design

2.2 模拟结果分析

在MOLD FLOW2019模流分析软件中,依次对制品进行网格划分、网格修复、匹配率修复等操作,

选择“冷却+填充+保压+翘曲”分析序列,设置溶体温度为217℃,模具表面温度为106℃,注射压力为140 MPa,保压压力为100 MPa,所得主要结果如图3所示。图3a中制品充填完成需要10.55S,弹性夹处流程最长,最后完成充填,对比色标,该处颜色最深。在充填10.14S时,制品总体温度如图3b所示,最高温度为223.9℃,最低温度为57.6℃,流道处温

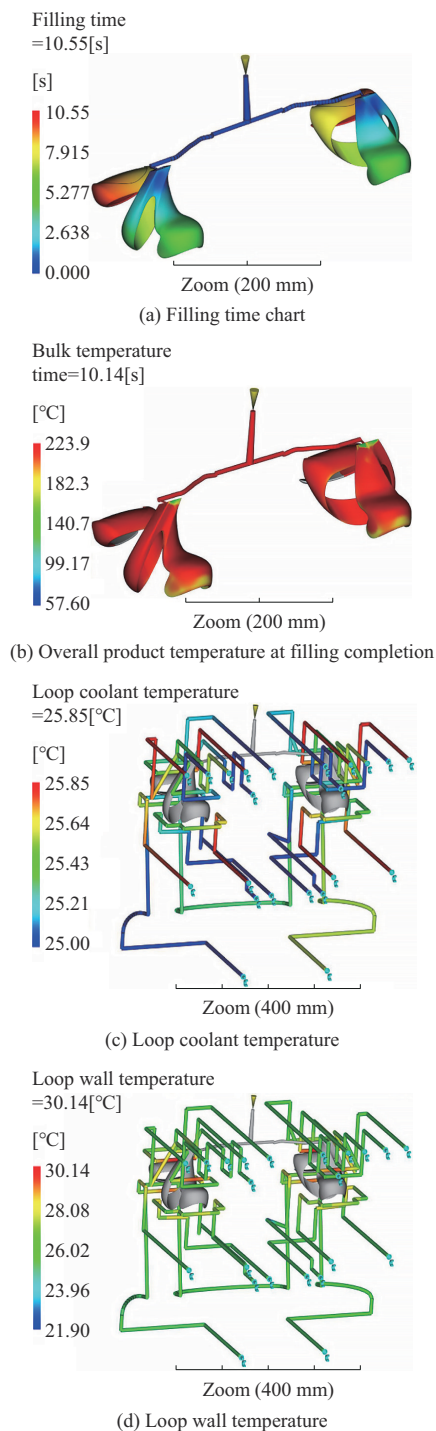


图3 模拟结果图

Fig. 3 Simulation result graph

度最高,弹性夹处温度较低。图3a、图3b说明了单浇口充填的合理性。

保压结束后,回路冷却液温度分布如图3c所示,最高温度为25.85℃,最低温度为25.00℃,温度相差不大,说明冷却液没有带走大量热量,冷却系统仍需进一步调整。回路管壁温度如图3d所示,最高温度为30.14℃,最低温度为21.90℃,对比色标,定模区域管壁颜色较深,说明定模水路能较好传导热量;动模区域,管壁颜色较浅,说明热量没有很好传导至水路区域,水路需要进一步完善。

3 模具设计

3.1 分型设置及抽芯机构确定

将制品最大投影面垂直于Z轴放置(图4),沿制品突变处抽取分型线,得定模成型区及动模成型区。为了降低定模仁制造难度,将部分曲面特征用侧滑块成型,同时也有利于定模部分排气;对制品的部分倒扣特征,预留定模斜抽-动模斜顶位置,能有效缩小模具外形结构,使得模具结构更加紧凑。对制品的中空结构,设置整体镶拼抽芯机构,预留中空抽芯位置;对口部倒扣特征,设置斜顶抽芯。

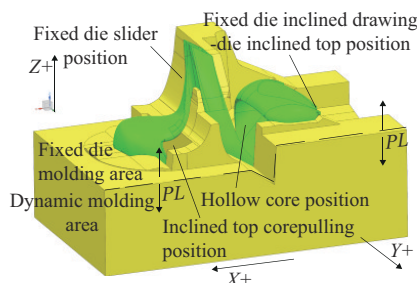


图4 分型设置及各区域抽芯位置图

Fig. 4 Parting setting and core-pulling location map of each area

3.2 定模滑块、斜导柱机构

为了增加定模排气及降低定模仁的制造难度,设置定模滑块(图5)。模具开模,预压弹簧3沿 S_1 复位,驱动定模滑块2在导向块4的约束下,作 S_2 向运动,实现Y方向抽芯。制品内部存在倒扣,设置斜导柱-滑块抽芯,斜导柱6固定于定模,模具开启,斜导柱6驱动滑块7作 S_3 向运动;滑块压条10约束滑块7的运动方向;成型件5通过螺栓固定在滑块7上,与滑块7同步运动;待斜导柱6脱离滑块7,复位弹簧8继续驱动滑块7作 S_3 向运动,直至定位销9插入滑块7下端定位槽,抽芯动作完成。

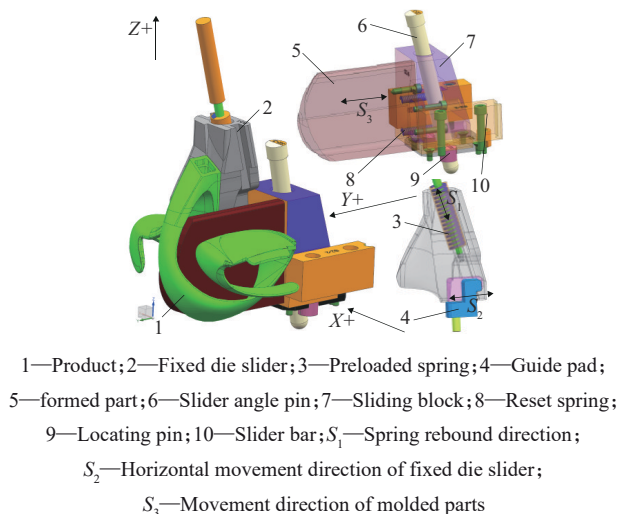


图5 定模滑块、斜导柱机构图

Fig. 5 Fixed die slide, oblique guide post mechanism diagram

3.3 定模斜抽-动模斜顶机构

弹性夹端总体抽芯方向 S_8 , 不与正交方向平行或垂直, 不能直接设置抽芯机构, 通过设置定模斜抽与动模斜顶的方式, 实现抽芯。图6为定模斜抽-动模斜顶机构图。

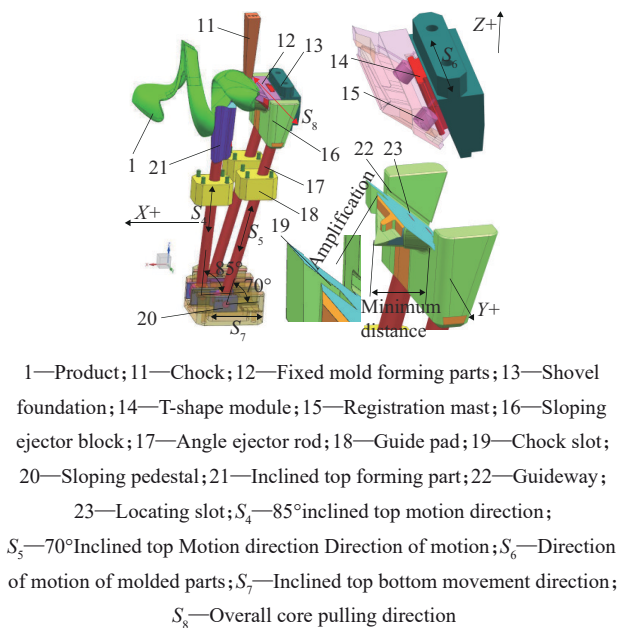


图6 定模斜抽-动模斜顶机构图

Fig. 6 Mechanism fixed mold oblique pumping and moving oblique top diagram

模具开启。制品1留在动模, 楔紧块11与制品分离, 各抽芯机构出现间隙。铲基13沿 Z^+ 向运动, 通过T型块14驱动定模成型件12, 沿定模成型件运动方向 S_6 运动; 定模成型件12上安装定位柱15, 定位柱15内设置预压弹簧及定位凸台, 定模成型件12在导向槽22约束下沿既定方向运动, 待定位柱15

上的定位凸台卡入定位槽23, 同时T型块14与定模成型件12分离, 定模成型件12定位在斜顶块16上。

制品顶出。定模成型件12已经完成抽芯, 并置留在斜顶块16上, 弹性夹端出现抽芯空间, 顶板顶出, 斜顶基座20同时驱动不同角度的斜顶杆, 分别沿85°斜顶运动方向 S_4 及70°斜顶运动方向 S_5 运动; 斜顶基座20内设置 X 方向导向槽, 斜顶杆可以沿斜顶底部运动方向 S_7 随动, 减小斜顶杆的扭曲变形; 顶板顶出最小距离可以通过图示最小距离计算确定。

3.4 整体镶拼抽芯机构

针对中空制品内部, 所有方向都不能设置自动抽芯的难点, 设置整体镶拼抽芯机构, 具体如图7所示。中心瓣合块25上设置基准轴26, 底部瓣合块28, 通过基准轴26在定位条及定位槽定位下与中心瓣合块25组成一体; 左侧瓣合块27与右侧瓣合块30通过侧向导向条及导向槽, 与中心瓣合块25及底部瓣合块28组成整体, 两侧瓣合块上导向条与 Z 向呈45°, 待装配完成后, 能够约束其 Z 向及 X 向的窜动。瓣合块组装好后, 瓣合总成通过基准块24上的导向槽, 沿瓣合块总成运动方向 S_{10} 与基准块24组装成整体。将装配好的整体镶拼抽芯机构通过基准块24定位, 置入定模内; 模具合模, 动模楔紧块29将整体镶拼抽芯机构定位在定模内。

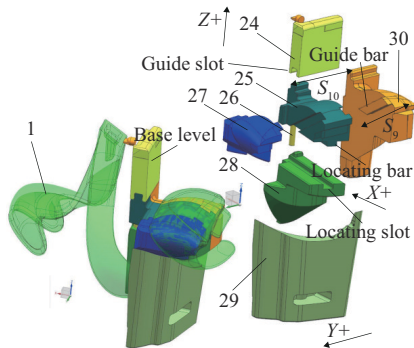


图7 整体镶拼抽芯机构图

Fig. 7 Overall insert and core pulling mechanism diagram

3.5 斜顶抽芯机构

口部存在倒扣特征, 制品侧向也存在干涉位置, 设置斜顶抽芯机构, 具体如图8所示。设置方形斜顶杆31及圆形斜顶杆33, 在导向块32约束下, 分别沿方形斜顶杆运动方向 S_{12} 及圆形斜顶杆运动方向 S_{13} 运动, 实现同步抽芯。倒扣成型件34选用

UT40 铍铜材质(ULTRA 铍铜合金),铍铜的导热率为 $105 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$,高导热性能将该区域热量快速传递出去,提高冷却效果,保证动定模的冷却均衡。

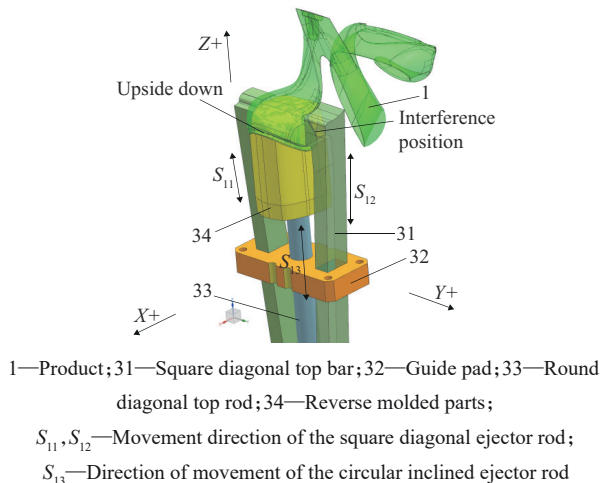


图8 斜顶抽芯机构图

Fig. 8 Core pulling mechanism diagram of inclined top

3.6 水路及排气方式确定

根据 MOLD FLOW2019 模流分析软件设置情况,设计水路布局,具体如图9所示。定模设计3条水路,水路的进出口选用标准快速接头水咀,水路拐角采用加工贯通孔+堵头工艺制作。模流分析结果表明,动模区域存在热量聚集情况,设计的冷却水路冷却效果不佳。设计导热铍铜41,铍铜41沿制品外沿布置,间隔30 mm设计多块法向导热片42,法向导热片42能够迅速将聚集在制品内部的热量传导至整个动模,以提高动模冷却水路的冷却效果。

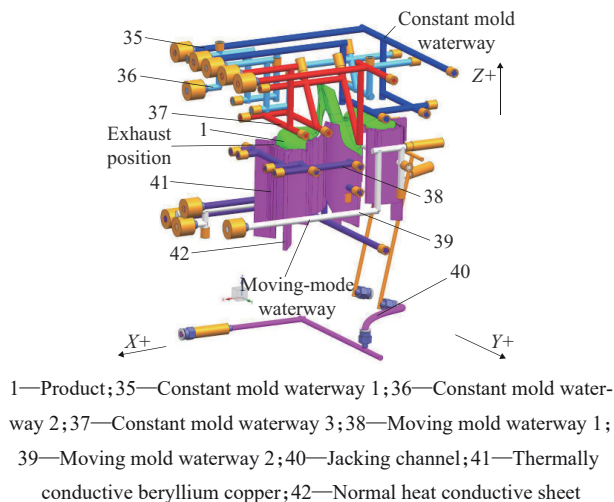


图9 冷却水路设计图

Fig. 9 Cooling water layout diagram

导热铍铜41比动模分型面低0.15 mm,

法向导热片42在制品1及导热铍铜41之间区域比动模分型面低0.015 mm,能够增加模具的排气性能,避免制品因为困气而造成的局部烧焦。

4 模具工作过程

图10为模具剖面图。模具工作过程如下:

(1)注塑成型。对ABS(牌号3450)工程材料在 90°C 下干燥3 h,以降低气泡、变形、缩水等注塑缺陷;注塑机按照 MOLD FLOW2019 模流分析软件中预设值,设置工艺参数,将烘干后的料流射入模具,经填充、保压、冷却、定型、固化,完成制品成型。

(2)开模。注塑机的移动台板带动动模开模,预压弹簧3沿 S_1 复位,驱动定模滑块2在导向块4的约束下,作 S_2 向运动,实现抽芯。斜导柱6驱动滑块7作 S_3 向运动;滑块压条10约束滑块7的运动方向;成型件5通过螺栓固定在滑块7上,与滑块7同步运动;待斜导柱6脱离滑块7,复位弹簧8继续驱动滑块7作 S_3 向运动,直至定位销9插入滑块7下端定位槽,抽芯动作完成。铲基13沿 $Z+$ 向运动,通过T型块14驱动定模成型件12,沿定模成型件运动方向 S_6 运动;定模成型件12上安装定位柱15,定位柱15内设置预压弹簧及定位凸台,定模成型件12在导向槽22约束下沿既定方向运动,待定位柱15上的定位凸台卡入定位槽23,同时T型块14与定模成型件12分离,定模成型件12定位在斜顶块16上。

(3)顶出及内部抽芯。定模成型件12置留在斜顶块16上,弹性夹端出现抽芯空间,顶板顶出,斜顶

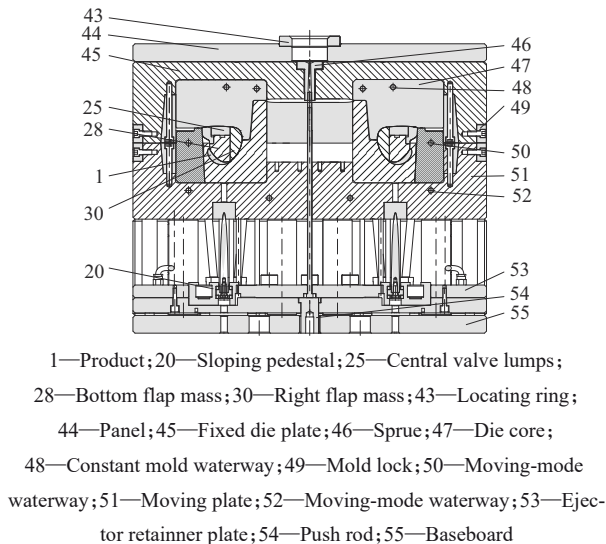


图10 模具剖面图

Fig. 10 Die profile diagram

底座20同时驱动不同角度的斜顶杆,分别沿85°斜顶运动方向S4及70°斜顶运动方向S5运动;斜顶底座20内设置X方向导向槽,斜顶杆沿斜顶底部运动方向S7随动。

(4)复位及合模。将装配好的整体镶拼抽芯机构通过基准块24定位,置入定模内;模具合模,动模镶紧块29将整体镶拼抽芯机构定位在定模内。

5 结论

(1)对中空保持架进行了结构分析,获得了模具设计难点,针对设计难点初步设计了模具水路,并进行了模流分析,得制品充填完成需要10.55 s,弹性夹处流程最长,最后完成充填;制品总体最高温度为223.9℃,最低温度为57.6℃,流道处温度最高,弹性夹处温度较低;保压结束后,回路冷却液最高温度为25.85℃,最低温度为25.00℃,回路管壁最高温度为30.14℃,最低温度为21.90℃。定模水路能较好地传导热量;动模区域,热量没有很好地传导至水路区域。

(2)为了降低定模仁制造难度,将部分曲面特征用定模滑块、斜导柱机构成型,同时也有利于定模部分排气;对制品的部分倒扣特征,设计定模斜抽-动模斜顶抽芯机构,有效缩小模具外形结构,使得模具结构更加紧凑。针对中空制品内部,所有方向都不能设置自动抽芯的难点,设置整体镶拼抽芯机构;对口部倒扣特征,设置斜顶抽芯抽芯,倒扣成型件选用铍铜材质,保证了动定模的冷却均衡;设计导热铍铜及法向导热片将集聚在制品内部的热量传导至整个动模,提高了动模冷却水路的冷却效果,并通过结构设计增加了模具的排气性能,避免了制品的局部烧焦。

参考文献

- [1] 戴宗豫,马蒙.空调出风口支架复合抽芯机构注塑模具设计[J].工程塑料应用,2024,52(2):109-115.
DAI Zongyu, MA Meng. Composite core-pulling mechanism and injection mould design for an air outlet holder of air conditioner[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(2):109-115.
- [2] 费强,张维合.汽车空调鼓风机左右盖复杂抽芯注塑模设计[J].中国塑料,2024,38(1):112-116.
FEI Qiang, ZHANG Weihe. Design of complicated core pulling injection mold for left/right cover of car air tank[J]. China Plastics, 2024, 38(1):112-116.
- [3] 周俊杰,陈秋凡,冯文,等.基于Moldflow的排水泵过滤网注塑工艺优化与模具设计[J].工程塑料应用,2024,52(1):109-115.
ZHOU Junjie, CHEN Qiufan, FENG Wen, et al. Injection molding process optimization and mold design of drainage pump filter based on Moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(1):109-115.
- [4] 刘义考.新能源汽车仪表罩热流道注射模设计[J].塑料,2023,52(6):136-141,146.
LIU Yikao. Design of hot runner injection mold for new energy car instrument cover[J]. Plastics, 2023, 52(6):136-141, 146.
- [5] 唐春华,张斌,李军利,等.雾化器喷头注塑模具随形冷却水道设计与开发[J].塑料,2023,52(6):159-163,172.
TANG Chunhua, ZHANG Bin, LI Junli, et al. Design and development of conformal cooling channel for atomizer nozzle plastic injection mold[J]. Plastics, 2023, 52(6):159-163, 172.
- [6] 丁立刚,李玉兰,程国飞,等.带二级顶出机构的电器面框注射模具设计[J].塑料工业,2023,51(11):72-77.
DING Ligang, LI Yulan, CHENG Guofei, et al. Design of injection mold with two-stage ejection mechanism for electric frame[J]. China Plastics Industry, 2023, 51(11):72-77.
- [7] 程文,王书平.湿巾包装盖双圈环钩两次强脱模具设计[J].工程塑料应用,2023,51(11):96-101.
CHENG Wen, WANG Shuping. Design of twice strong demoulding for double ring hook of wet napkin packaging cover[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(11):96-101.
- [8] 刘锦武,黄可,李兵兵,等.连接器保持架多向抽芯热流道注射模具设计[J].塑料工业,2023,51(10):101-107.
LIU Jinwu, HUANG Ke, LI Bingbing, et al. Design of multi-core-pulling hotrunner injection mold for connector cage[J]. China Plastics Industry, 2023, 51(10):101-107.
- [9] 李红强,徐冲敏.带多种抽芯机构的旋弯塑件模具设计[J].塑料,2023,52(5):69-73,127.
LI Hongqiang, XU Chongmin. Design of rotary bending plastic part mold with multiple core pulling mechanisms[J]. Plastics, 2023, 52(5):69-73, 127.
- [10] 张云,熊建武,夏凯,等.汽车通风管接头注塑模具设计[J].塑料,2023,52(5):74-78.
ZHANG Yun, XIONG Jianwu, XIA Kai, et al. Design of injection mold for automobile vent pipe joint[J]. Plastics, 2023, 52(5):74-78.
- [11] 路英华,肖国华,李亚峰,等.扫地机手柄侧盖多元构件顶出机构注塑模设计[J].工程塑料应用,2023,51(10):106-112.
LU Yinghua, XIAO Guohua, LI Yafeng, et al. Design of injection mould for multi-component ejector mechanism of handle side cover of sweeper[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(10):106-112.
- [12] 黄继战,范玉,肖根先.温控器面壳注塑模具设计[J].工程塑料应用,2023,51(10):118-124.
HUANG Jizhan, FAN Yu, XIAO Genxian. Design of injection mould for temperature controller shell[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(10):118-124.

(下转第153页)